

METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA
CIRCUITO SENCILLO A 115 kV POR MEDIO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Autor: KAROL LISSETH BERNAL SANTOS

Tutor: FELIPE ALFREDO RIAÑO PEREZ

Programa:
ESPECIALIZACION EN GEOMATICA
FACULTAD DE INGENIERIA



UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
BOGOTÁ
2017

METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE RUTA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA CIRCUITO SENCILLO A 115 kV POR MEDIO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

METHODOLOGY FOR THE SELECTION OF ROUTE OF AN ELECTRIC TRANSMISSION LINE SIMPLE CIRCUIT AT 115 KV THROUGH A GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

Karol Lisseth Bernal Santos ¹

¹ Ingeniera Civil, Universidad de Ibagué, Colombia, ingkarolbernal@gmail.com

Resumen– Este proyecto comprende la selección de ruta para la reconfiguración de la línea existente Palos Florida de media tensión (115 kV), en donde la ruta inicia a las afueras de la ciudad de Bucaramanga en la margen norte y recorre en dirección este-oeste el sector del casco urbano de ésta ciudad, a partir de la torre ubicada en la periferia de la vía Bucaramanga – Charta – Matanza de la línea existente en circuito sencillo disposición vertical ubicada en la vereda Pedregal, cerca de la subestación de energía Bosconia, para realizar la conexión con la subestación Principal existente. (Ministerio del Interior de Colombia, 2015) Para el desarrollo de este proyecto solo se analiza el trazado del circuito aéreo. Para lo anterior es de vital importancia tener en cuenta que los parámetros que rigen el trazado a construir son el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del sector de análisis el cuál se delimita como política de estado para garantizar un desarrollo sostenible. Además del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) el cuál es de obligatorio cumplimiento y genera los parámetros que garanticen los proyectos de instalaciones eléctricas (Ministerio de Comercio Industria y Turismo de Colombia, 2013).

Palabras clave–

Sistemas de Información geográfica (SIG): conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente en la captura

Líneas de Trasmisión Aéreas: Según Tobon Cruz, et al., (2012) “son aquellas complejas estructuras que transportan grandes bloques de energía eléctrica dentro de los diferentes puntos de la red que constituye el sistema eléctrico de potencia.”

Alta Tensión: Circuitos eléctricos de tensiones mayores o iguales a 57.5 kV y menores o iguales a 230kV.

Abstract– This Project includes the selection of route for the existent lines Palos Florida media tension reconfiguration (115kV), in where the way beginning in the outside of the Bucaramanga's city, in the north border and it expand in east - west direction in the urban area of the city, starting in the tower located at the periphery of road Bucaramanga – Charta – Matanza of the existent line in simple circuit vertical disposition located at Pedregal s sidewalk, near to the energy Bosconia s substation, for to do the connection of the existing main substation. To the development of this project just analyze the aerial circuit layout. According to the latter it is so important to consider that the parameters that rules the layout to build is the Territorial Arrangement Planning (TAP) from analyzes sector which ones it mark off as state's politic to guarantee a sustainable development. Besides of the Technical Regulations for Electrical Installations (RETIE), which is mandatory And generates the parameters that guarantee the electricals installations projects.

Keywords–

Geographic Information Systems (GIS): is the set of methods, tools and data that are design for acting in coordinated and logically way in the snapchats.

Aerial transmission lines: these are complex structures that transport big electrical blocks of energy inside of the different net s points that it constitutes of the potency electric system.

High voltage: Higher than equal tensions than 57, 5 kV and lower than equal tensions tan 230kV

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la electricidad es un instrumento que desde el mismo momento de su creación se ha convertido en el pilar de la creación de nuevas tecnologías a nivel mundial, y más aún en la era digital que se está presentado, a la electricidad se le atribuye el debido funcionamiento de ella.

Colombia por ser un país ubicado geográficamente en la zona intertropical, presenta una variación en el clima de las diferentes regiones debido a las altitudes que pueden ir desde el nivel del mar hasta los 6000 msnm. Por esta condición, el país no sufre de estaciones climáticas. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, nuestro país cuenta con una diversidad topográfica compuesta por enormes cadenas montañosas que recorren el país de sur a norte. Estos cambios en el relieve dificultan la comunicación entre las regiones lo que dificulta un poco la construcción de infraestructuras, especialmente las relacionadas a la transmisión de energía eléctrica.

Fijándose esta situación como un problema, la ingeniería colombiana día a día tiene que buscar la manera más rápida, sencilla y económica de hacer llegar electricidad a toda la población que requiera de este servicio; convirtiéndose esto en un desafío, ya que se deben poner a prueba todos sus conocimientos en cuanto a la creación de líneas que permitan el transporte de energía a donde se requiera.

Por ello, es de vital importancia construir metodologías efectivas para seleccionar la ruta de una línea de transmisión eléctrica, ya que las mismas se encuentran generalmente en lugares de difícil acceso dentro de la geografía nacional. Debido a ello la legislación colombiana contempla ciertas reglamentaciones de obligatorio cumplimiento para las líneas de energía en lo que respecta a los usos del suelo según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) o Esquema de ordenamiento territorial (EOT) según el municipio, en el caso del proyecto la ciudad de Bucaramanga cuenta con Plan de Ordenamiento Territorial (POT). Como también se debe tener en cuenta el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). A partir del POT,

PBOT o EOT se obtienen las restricciones existentes de la zona, necesarias para definir la selección de ruta de la línea, mientras que el RETIE establece la utilización del suelo dentro de la franja de servidumbre.

En consecuencia, se deben hacer uso de todos los recursos tecnológicos con el fin de dar solución a este problema, ya que, mediante la utilización de mapas, imágenes satelitales y fotogrametría, se puede determinar con facilidad todos los accidentes geográficos presentes en el territorio, restricciones del uso del suelo, amenazas presentes en la zona de estudio y como también, predios que puedan presentar alguna afectación. Para este proyecto, Los Sistemas de información geográfica (SIG), permiten la mejor interpretación y análisis de la información geográfica con el principal objetivo de poder seleccionar la ruta optima de la línea de transmisión eléctrica.

Por las razones anteriormente expuestas, es que surge la idea de analizar la selección de ruta, que forma parte del diseño de líneas de transmisión por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Para realizar todo el trabajo de investigación es necesaria la zona en la que se desea construir la línea, porque es ahí, donde los sistemas de información brindarán el contexto necesario para realizar el trazado; ahorrando gran cantidad de tiempo y utilizando sencillamente las herramientas adecuadas, las cuales podrán determinar si se puede o no construir en el lugar seleccionado.

Por lo tanto, con el presente documento se pretende aportar ciertos criterios que permitan agilizar y mejorar el diseño y la construcción de las líneas de transmisión eléctrica ya que, estas ayudarán al desarrollo del país en el tema de construcción de infraestructuras de Energía eléctrica, para así prestar el servicio de energía en cualquier lugar donde este sea requerido. El análisis por medio de los sistemas de información geográfica permitirá dar una idea aproximada a la realidad de las características físicas y como también a la legislación vigente del municipio, en donde se piensa implementar la construcción de las Líneas de Energía.

II. METODOLOGÍA

El presente proyecto se clasifica dentro de la metodología de tipo cuantitativo, puesto que tiene como fin investigar, analizar y determinar los parámetros de diseño necesarios para la selección de ruta de una línea de transmisión por medio de un Sistema de Información Geográfica. De esta manera, los resultados obtenidos se utilizarán para determinar los parámetros de diseño; teniendo como referencia las metodologías establecidas en el RETIE.

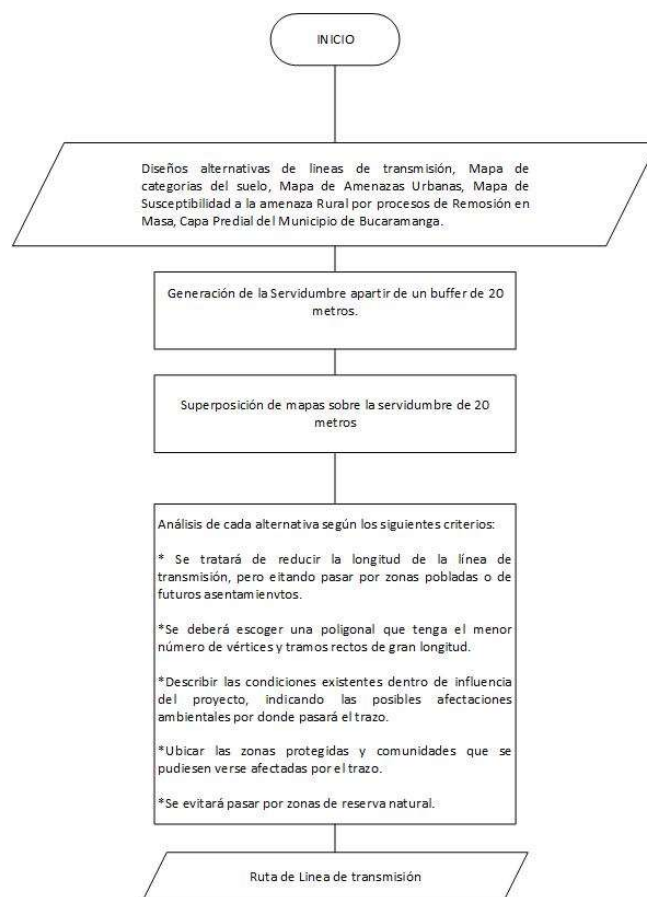
El tipo de investigación a utilizar en el proyecto será aplicado, puesto que se adoptarán metodologías establecidas, desarrolladas y validadas en relación a la selección de ruta de una línea de transmisión en donde se identificarán las zonas críticas. De esta forma, se optará por utilizar los datos obtenidos a través de la investigación y recolección bibliográfica, los cuales serán analizados para determinar los parámetros de diseño requeridos en la realización del proyecto.

Para el planteamiento de los parámetros de la selección de ruta de una línea de transmisión de 115Kv se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Tratar de reducir la longitud de la línea de transmisión, evitando pasar por zonas pobladas o de futuros asentamientos.
- Escoger una poligonal que tenga el menor número de vértices y tramos rectos de gran longitud.
- Describir las condiciones existentes dentro de influencia del proyecto, indicando las posibles afectaciones ambientales por donde pasará el trazo.
- Ubicar las zonas protegidas y comunidades que se pudiesen verse afectadas por el trazo.
- Evitar pasar por zonas de reserva natural.

El proceso que se utilizó para la determinación de la mejor opción para la ruta de la línea de transmisión se describe a continuación:

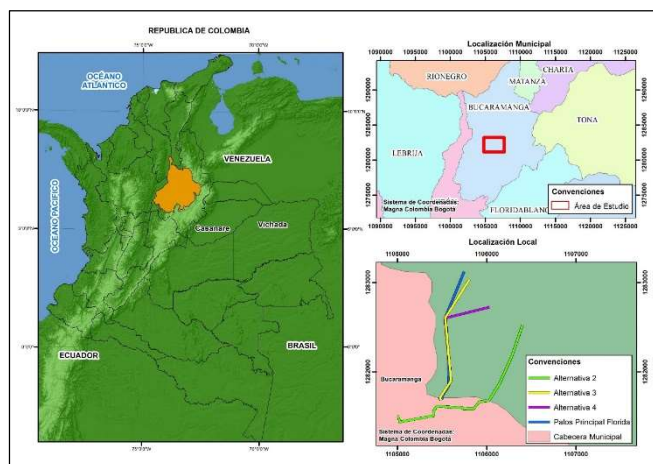
Figura 1 Determinación de la Ruta para la línea de transmisión eléctrica circuito sencillo a 115 kv.



1. RESULTADOS

El proyecto tiene como uno de sus objetivos la reconfiguración de la línea existente Palos Florida 115 kV. Esta ruta inicia en las afueras de la ciudad de Bucaramanga en la margen norte, esta recorre en dirección este-oeste del perímetro urbano de la ciudad de Bucaramanga a partir de una línea existente en circuito sencillo disposición vertical, ubicada en la vereda Pedregal, cerca de la subestación de energía Bosconia, para realizar la conexión con la subestación Principal existente.

Figura 2 Localización General del Proyecto



Fuente: Autoría Propia

De acuerdo a la necesidad de elegir los vértices necesarios para establecer el eje principal de la ruta por la cual se va a realizar el trazado se plantean cuatro alternativas.

Para realizar dicho análisis se extrae la información del POT de la ciudad de Bucaramanga donde se localizarán las cuatro alternativas partiendo de la cartografía y de esta forma seleccionar la más viable para el proyecto.

Conforme a la clasificación del suelo. En primer lugar, se realizó la trazabilidad de la servidumbre de energía para una línea de 115kV, la cual debe tener un ancho de 20 m según dadas las medidas por el RETIE. En el SIG se realizó un buffer para la línea de transmisión con el fin de obtener la servidumbre de manera espacial. Dentro de este territorio demarcado por el polígono de la servidumbre es donde se verifican los posibles conflictos con la clasificación del suelo.

Para identificar los conflictos de uso del suelo en la zona de estudio, siguiendo la metodología propuesta, se realizó un análisis Espacial, en donde se cruzó la información correspondiente a la clasificación del suelo establecido en el POT como el RETIE.

En el SIG se cruzaron los mapas del POT con la servidumbre encontrando las zonas que pueden verse afectadas según la clasificación del suelo, también la

susceptibilidad a la amenaza rural por procesos de remoción en masa, la amenaza urbana y los predios con los que se pueda interceptar el proyecto. Las anteriores variables se pueden considerar como conflictuales con la línea de transmisión. Los valores se muestran en porcentaje de acuerdo al área total de la servidumbre.

Según el análisis espacial realizado a cada una de las alternativas se obtuvo el siguiente resultado para. (Ver Tabla 1).

Tabla 1 Comparativos De Las Cuatro Alternativas Para La Selección De Ruta.

VARIABLE	ALTERNATIVA PALOS PRINCIPAL - FLORIDA	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4
BIOTICO	Cruza el Río Surata que se encuentra dentro de la zona de preservación	No se encuentran cuerpos de agua dentro del área de influencia	Cruza el Río Surata que se encuentra dentro de la zona de preservación	Cruza el Río Surata que se encuentra dentro de la zona de preservación
CLASIFICACIÓN DEL SUELO	El 78.89% se encuentra en la categoría de suelo de protección.	El 43.75% se encuentra en suelo de protección	80.80% se encuentra en suelo de protección.	Un 83.86% se encuentra en suelo de protección.
PREDIAL	El 7.10% se encuentra dentro del suelo urbano, con el paso de esta alternativa 6 predios presentarían alguna afectación	El 56.25% de esta alternativa se encuentra en suelo urbano. 100 predios presentarían alguna afectación por el paso de la línea	El 6.22% se encuentra en suelo urbano y 5 predios presentarían alguna afectación por el paso de la línea	El 6.00% de esta alternativa se encuentra en suelo urbano y tan solo 4 predios presentarían alguna afectación
AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA Y AMENAZAS URBANAS	De acuerdo al mapa de susceptibilidad por movimientos en masa esta alternativa presenta una categoría moderada con un 91.38% de acuerdo a la ubicación de la línea.	De acuerdo al mapa de susceptibilidad por movimientos en masa esta alternativa presenta la categoría sin clasificación con un 56.25% de acuerdo a la ubicación de la línea	De acuerdo al mapa de susceptibilidad por movimientos en masa esta alternativa presenta una categoría moderada con un 95.35% de acuerdo a la ubicación de la línea	De acuerdo al mapa de susceptibilidad por movimientos en masa esta alternativa presenta una categoría moderada con un 95.35% de acuerdo a la ubicación de la línea

Fuente: Autoría Propia

Según los resultados arrojados de la comparación entre las cuatro alternativas, la más favorable respecto al proyecto, es la alternativa Palos Principal – Florida debido a su menor porcentaje respecto a las otras en la

categoría de protección de suelo, afectación de predios y susceptibilidad por movimientos en masa.

2. ANÁLISIS

De acuerdo al resultado de la tabla anterior las variables Bióticas, clasificación del suelo, predial, amenazas por remoción en masa y amenazas urbanas. Se realizó la comparación y se escogió una de las cuatro alternativas de la siguiente tabla (Ver Tabla 2) En donde muestran las características relevantes en porcentajes del área total de la servidumbre para una línea de 115 kV.

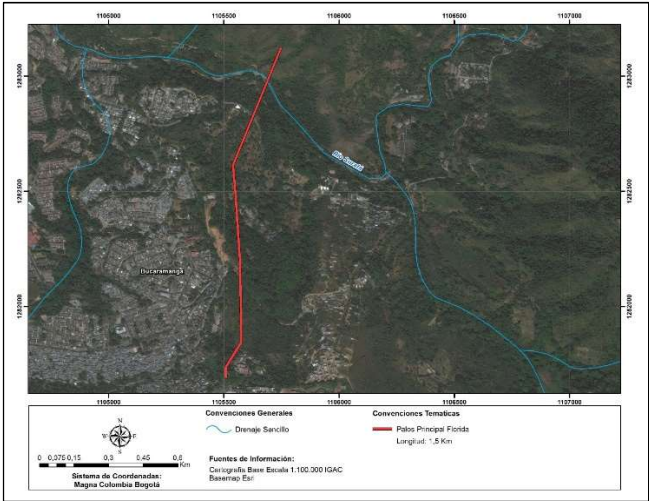
Tabla 2 Características de la Ruta Seleccionada

Clasificación del suelo	%
Expansión	9.68
Protección	78.89
Río	4.34
Urbano	7.10
Susceptibilidad	%
Baja	3.87
Moderada	91.38
Sin Clasificación	4.75
Amenaza	%
Rural	95.25
Sísmica	0.00
Zona 1	0.00
Zona 2	4.75
Predios Afectados	%
	6.00

Fuente: Autoría Propia

La alternativa Palos Principal – Florida debido a su menor porcentaje respecto a las otras en la categoría de protección de suelo, afectación de predios y susceptibilidad por movimientos en masa, es la mejor para el desarrollo del proyecto.

Figura 3 Localización Alternativa Palos Principal-Florida



Fuente: Autoría Propia

IV. CONCLUSIONES

El estudio concluye en que al evaluar diferentes alternativas para la selección de ruta de una línea de transmisión aérea, se deben determinar diferentes variables expuestas en el RETIE y en los planes de ordenamiento territorial de cada municipio. Existen diferentes metodologías y herramientas que facilitan este análisis para así, tener presente en el recorrido las comunidades, las zonas de protección y la clasificación de uso del suelo contenida en la normatividad. La determinación de la escogencia de la línea debe estar dada por aquella que genere un menor impacto. Cabe aclarar que esta es una solución preventiva para aquellas líneas que aún no han sido construidas y se encuentren en la fase de planeación.

Los resultados respecto a nuestra alternativa seleccionada indican que el 78.89% de la servidumbre de la línea de transmisión aérea se encuentra en conflictos por usos del suelo. Este valor se considera alto si se tiene en cuenta que existe una normatividad que rige este territorio. Respecto a los valores arrojados para las otras alternativas este es menor y presenta otras

características que se pudieron evidenciar en la parte predial, biótica y técnica que hacen de esta la mejor de las cuatro para realizar el trazado. Adicionalmente se realizaron los mapas de restricciones incluyendo cada una de las de las cuatro alternativas que se estudiaron.

Los conflictos de usos del suelo para este tipo de proyectos son mencionados de alguna forma en su etapa constructiva en estudios de diagnóstico, estudios de impacto ambiental y planes de manejo ambiental.

También se debe resaltar que una de las principales causas en cuanto a los conflictos por usos del suelo, es su indeterminada aparición en los planes de ordenamiento territorial. Por tal motivo, sería recomendable enfatizar un poco más en la ubicación espacial, cartografía temática de las zonas de protección y clasificación del uso del suelo, para tomar mejores decisiones en una fase planeación, y tener más certeza de todo el trabajo realizado antes de ir a campo para verificar el resultado final.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser el dueño de la vida y dador de nuestros talentos. A mi familia que me ha apoyado y acompañado incondicionalmente en este proyecto y en todos los procesos en pos del desarrollo y crecimiento.

A la Universidad Militar Nueva Granada, que me permitió formar parte de este proyecto encausado a formar grandes profesionales.

A los docentes por sus observaciones, sugerencias y seguimientos para mi crecimiento profesional,. Y a mis compañeros de especialización y demás personas que estuvieron en esta etapa.

BIBLIOGRAFÍA

- Congreso de Colombia. (29 de Junio de 199).
Ministerio de Ambiente. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1999/ley_0505_1999.pdf
- Congreso de Colombia. (24 de Julio de 1997).
Ministerio de Ambiente. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1997/ley_0388_1997.pdf
- Consejo de Bucaramanga. (21 de Mayo de 2014). Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Bucaramanga. Bucaramanga, Santander, Colombia.
- Instituto Geografico Agustin Codazzi. (Octubre de 2004). *Instituto Geografico Agustin Codazzi*. Obtenido de <http://www.igac.gov.co/wps/wcm/connect/91311780469f77c3aff6bf923ecd8fe/aspectos+practicos.pdf?MOD=AJPERES>
- Ministerio de Comercio Industria y Turismo de Colombia. (30 de Agosto de 2013).
Superintendencia de Industria y Comercio. Obtenido de http://www.sic.gov.co/recursos_user/reglamentos_tecnicos/reglamento_tecnico_inst_electricas_RETIE.pdf
- Ministerio del Interior de Colombia. (19 de Octubre de 2015). *Ministerio del Interior*. Obtenido de <http://www.mininterior.gov.co/sites/default/files/documentos/ConsultaPrevia/CERTIFICACIONES2015/1437.pdf>
- Salinas Torres, M. P. (2006). Las torres de alta tensión y su impacto ambiental en Santiago (Chile). Santiago, Chile: Universidad de Barcelona.
- Tobon Cruz, J. C., Garcia Carmona, Y., Perez Vázquez, J. E., & Gutierrez De La Rosa, M. (1 de Octubre de 2012). *Prezi*. Obtenido de <https://prezi.com/acohsxhf18ji/linea-de-transmision-de-longitud-corta/>

